

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-335207

(43)Date of publication of application : 18.12.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 7/20

G03F 7/207

(21)Application number : 09-140064

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 29.05.1997

(72)Inventor : TAWARAYAMA KAZUO

SATO TAKASHI

TOUKI TATSUHIKO

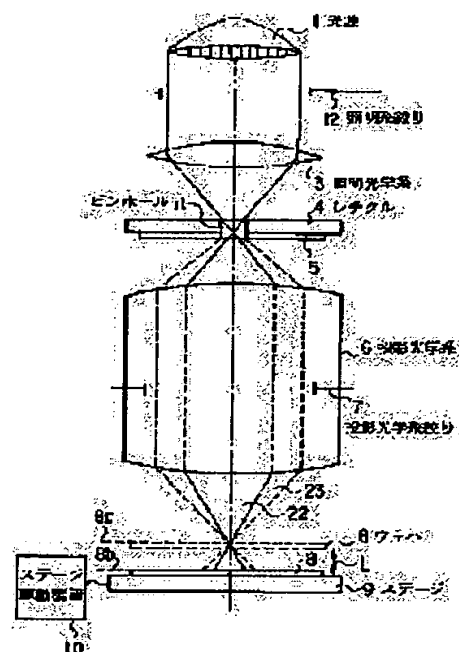
ASANUMA KEITA

## (54) APPARATUS FOR MEASURING IMAGING CHARACTERISTICS, ALIGNER AND METHOD THEREFOR

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily measure imaging characteristics of a projection optical system with high accuracy.

SOLUTION: This apparatus for measuring imaging characteristics of a projection optical system 6, which forms the image of a mask pattern with an illumination light irradiated on a mask 4 from a light source 1 through an illumination optical system 3, has a means for measuring the light intensity of the image formed by the projection optical system corresponding to a plurality of fine openings 11 of the mask 4.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

16.11.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3392708

[Date of registration]

24.01.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3392708号

(P3392708)

(45) 発行日 平成15年 3月31日 (2003. 3. 31)

(24) 登録日 平成15年 1月24日 (2003. 1. 24)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup> 識別記号

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 7/20

7/207

5 2 1

F I

G 0 3 F 7/20

7/207

H 0 1 L 21/30

5 2 1

H

5 1 5 D

請求項の数 8 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-140064

(22) 出願日 平成 9 年 5 月 29 日 (1997. 5. 29)

(65) 公開番号 特開平10-335207

(43) 公開日 平成10年12月18日 (1998. 12. 18)

審査請求日 平成12年11月16日 (2000. 11. 16)

(73) 特許権者 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号

(72) 発明者 俵山 和雄

神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地

株式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 佐藤 隆

神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地

株式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 東木 達彦

神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地

株式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外 6 名)

審査官 新井 重雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 結像特性の測定装置、露光装置及びそれらの方法

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源からの照明光を照明光学系を介してマスクに照射するとともに、前記マスクのパターンの像を投影光学系により結像する光学系の結像特性の測定装置において、

前記マスクには、微小の開口が複数設けられており、前記微小の開口に対応しかつ前記投影光学系により結像される像の光強度を測定する光強度測定手段を備え、

前記結像される像において、前記微小の開口を通過する直接的な照明光と、前記微小の開口にて発生しかつ前記投影光学系を通過する回折光と、に対応したそれぞれの光強度分布に基づき、前記結像特性として前記投影光学系の開口数及びコヒーレンスファクタを各微小の開口に対応して算出することを特徴とする結像特性の測定装置。

2

【請求項 2】 前記光強度測定手段は、光を電気信号に変換する測定手段であることを特徴とする請求項 1 記載の結像特性の測定装置。

【請求項 3】 前記投影光学系による結像面の任意の位置を、前記光強度測定手段により測定可能となるように結像対象を移動可能とした移動機構を備えたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の結像特性の測定装置。

【請求項 4】 請求項 1 乃至 3 のうちのいずれか 1 項記載の結像特性の測定装置と、

10 等形状あるいは非等形状に絞りを変形し、及び又は絞りを拡大縮小することにより、前記投影光学系の結像特性を変更する絞り機構と、

前記結像特性の測定装置により得られる結像特性が所定範囲になるように、あるいは有限回の結像特性変更のうち最適な結像特性となるように、前記絞り機構を制御し

て前記投影光学系の結像特性を調整する絞調整手段とを備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項5】 光源からの照明光を照明光学系を介してマスクに照射するとともに、前記マスクのパターンの像を投影光学系により結像する光学系の結像特性の測定方法において、

前記マスクには、微小の開口が複数設けられており、この微小の開口に対応しかつ前記投影光学系により結像される像の光強度を測定することで前記光学系の結像特性を測定し、

前記結像される像において、前記微小の開口を通過する直接的な照明光と、前記微小の開口にて発生しかつ前記投影光学系を通過する回折光と、に対応したそれぞれの光強度分布に基づき、前記結像特性として前記投影光学系の開口数及びコヒーレンスファクタを各微小の開口に対応して算出することを特徴とする結像特性の測定方法。

【請求項6】 前記光強度を、光を電気信号に変換する手段により測定することを特徴とする請求項5記載の結像特性の測定方法。

【請求項7】 前記像の光強度は、前記投影光学系による結像面の任意の位置について測定可能とすることを特徴とする請求項5又は6記載の結像特性の測定方法。

【請求項8】 前記請求項5乃至7のうちいずれか1項記載の結像特性の測定方法によって得られた前記結像特性が所定範囲にない場合には、前記投影光学系の結像特性を変更する特性変更ステップと、

この変更後の投影光学系の新たな結像特性を、前記請求項6乃至9のうちいずれか1項記載の結像特性の測定方法によって測定する特性測定ステップと、

前記特性変更ステップ及び前記特性測定ステップを繰り返し、最終的には、前記結像特性が所定範囲となる状態に、あるいはこの繰り返しを有限回行う中の最適な結像特性となる状態に、前記投影光学系の結像特性を調整する特性調整ステップとからなる露光装置の結像特性調整方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は結像特性の測定装置、露光装置及び方法、特に半導体素子等の製造に用いられる露光装置の結像特性測定に適した結像特性の測定装置、露光装置及び方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体素子や液晶表示板の製造においては、リソグラフィ工程等に用いられるステッパ等の露光装置が不可欠である。露光装置では、照明系からレチクル等のマスクに対してケーラ照明が行われ、このレチクルを透過した光がさらに投影光学系を通過して、ウェハ面にレチクル像が露光されるようになっている。

【0003】かかる露光装置では、レチクル像等をウェ

ハ上の微小領域に高精度に投影露光する必要があるため、その投影光学系が如何なる結像特性を有するかを調べることはきわめて重要である。

【0004】従来、このような測定は、ステージ上に感光性材料を塗布した測定板を載置し、そのステージ高さ位置を変更して得られる円形状の感光部分の直径を調べることで行っている。

【0005】結像特性としては、投影光学系の開口数(NA)と、コヒーレンスファクタ( $\sigma$ )の測定が行われる。この種の投影系では、瞳の有効径内に2次光源面の像が包含されるような大きさで結像されている。ここで、投影光学系の開口数(NA)は、ステージに載置されるウェハ上の物体面から投影光学系の瞳に対する開口数を意味しており、 $NA = n \cdot \sin \theta$  (ここで、 $n$ は媒質の屈折率、 $\theta$ は瞳の半径に対して張る角度(最大錐角 $\theta$ )である)で与えられる。

【0006】一方、コヒーレンスファクタ $\sigma$ は、レチクルRがない状態で投影光学系の瞳上に形成される2次光源面の像の直径( $S_i$ )と、当該瞳の有効直径( $S_p$ )との比( $S_i/S_p$ )、すなわちレチクルに対する照明系の開口数と上記投影光学系の開口数の比である。

【0007】コヒーレンスファクタ $\sigma$ は、照明条件の1つのファクターとして扱われている。 $\sigma$ 値が限りなく零に近いときのことをコヒーレンス照明と呼び、 $\sigma$ 値が1のときをインコヒーレント照明と呼び、そしてその間の値のときはパーシャルコヒーレントと呼ぶ。この $\sigma$ 値を設定するためには、図中の照明系絞りの開口寸法を変更する方法が最も簡便な方法である。

【0008】さて、感光性材料を塗布した測定板を用いて、開口数NA及びコヒーレンスファクタ $\sigma$ を測定するには、まず、レチクルの位置に拡散板をおいてやれば、投影光学系の瞳の有効系全体に上記拡散板に拡散された光が到達し、当該瞳に対応する照射光が上記測定板に到達する。したがって、ウェハの高さ位置を変えて感光部分半径を調べれば、上記錐角 $\theta$ が求まり、NAが算出できる。

【0009】一方、レチクル位置に拡散板をおかなければ、照明系の瞳に対応する像が投影光学系の瞳上に得られることとなり、この像により上記測定板上に到達する光は、照明系の瞳に対応するものである。したがって、投影光学系の開口数NAの場合と同様にして照明系の開口数NAを測定することができ、コヒーレンスファクタ $\sigma$ が求まる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記した従来の結像特性測定方法では、以下のような問題点がある。まず、投影光学系の開口数NAの測定を行うためには測定板に対する感光作業を行う必要があるが、これは煩雑な作業である。さらに、コヒーレンスファクタ $\sigma$ の測定には照明系の開口数を求める必要があるためさら

に同様な感光作業が必要となる。このように、従来の方法では、一連の結像特性の測定をするのにあたり少なくとも2回の感光が必要なり、しかも各作業において測定板の入替、拡散板の挿脱等が必要であり、さらに測定後の感光部分の測定作業も必要である。また、感光性材料を用いた場合には、材料の光感度に対する入射光強さの調整等も必要であり、これを行うには、何度も感光させて試行錯誤を繰り返さなければならない。

【0011】このように、従来の方法では、レチクル上の1点に対応する投影光学系の結像特性の測定を行うだけでも煩雑な作業を繰り返す必要があった。また、近年デバイスの更なる微細化に伴い、露光領域に対応する露光可能領域内における結像特性の分布をも考慮する必要が生じてきている。具体的には、露光光学系の開口数NA及びコヒーレンスファクタ $\sigma$ が光学系の収差の影響により露光領域内の任意の点で異なる場合がある。このとき、露光されるデバイスパターン寸法が露光領域内の位置によって異なるという問題が無視できなくなってきた。したがって、投影光学系による露光可能領域の1点に対応する結像特性のみならず、露光可能領域の各位置に対応する結像特性を調べなければならない。

【0012】しかし、従来の方法では、上述するように1点の結像特性の測定を行うだけでもきわめて煩雑な作業を行わなければならない、複数点の結像特性の分布を高精度かつ効率的に調べること事実上不可能に近い。

【0013】本発明は、このような実情を考慮してなされたもので、その第1の目的は、投影光学系の結像特性を簡易かつ高精度に測定することを可能とした結像特性の測定装置及び方法を提供することにある。

【0014】第2の目的は、露光可能領域の複数点の投影光学系の結像特性の分布を簡易かつ高精度に、さらに効率的に測定することを可能とした結像特性の測定装置及び方法を提供することにある。

【0015】第3の目的は、結像特性を自動的にかつ最適あるいは所望の値となるように調整することを可能とした露光装置及びその結像特性調整方法を提供することになる。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の骨子は、マスク面にピンホールを作成し照明し、結像関係にあるマスク・ウェハ面の位置からマスク位置もしくはウェハ面位置を光軸方向にずらしてピンホール像を観察すると、ピンホールにおける照明光の回折により、ピンホール像の光強度分布が2段階に分割されたような分布となるので、各々の分布の直径方向の大きさを測定することで、露光装置の投影光学系の開口数(NA)やコヒーレンスファクタ $\sigma$ 等を高精度にかつ定量的に測定できることにある。

【0017】また、上記課題の解決は、より具体的には、以下のような解決手段により実現される。まず、請

求項1に対応する発明は、光源からの照明光を照明光学系を介してマスクに照射するとともに、マスクのパターンの像を投影光学系により結像する光学系の結像特性の測定装置において、マスクには、微小の開口が複数設けられており、微小の開口に対応しかつ投影光学系により結像される像の光強度を測定する光強度測定手段を備え、結像される像において、微小の開口を通過する直接的な照明光と、微小の開口にて発生しかつ投影光学系を通過する回折光と、に対応したそれぞれの光強度分布に基づき、結像特性として投影光学系の開口数及びコヒーレンスファクタを各微小の開口に対応して算出する結像特性の測定装置である。

【0018】本発明ではこのような手段を設けたので、露光可能領域の複数点の光学系の結像特性の分布を簡易かつ高精度に測定することができ、また、一度の測定で複数開口に対応する各結像特性が一度に測定できることから効率的な測定とすることができる。

【0019】

【0020】さらに、本発明では、結像特性として投影光学系の開口数及びコヒーレンスファクタを得ることができる。また、一度の測定でNA、 $\sigma$ の両方の測定を行うことができ、効率的な測定とすることができる。

【0021】さらにまた、請求項2に対応する発明は、請求項1に対応する発明において、光強度測定手段は、光を電気信号に変換する測定手段である結像特性の測定装置である。

【0022】本発明ではこのような手段を設けたので、光強度分布の検出において、そのゲインやレベル調整による調整作業が簡単であり、また、光強度測定時やその測定後に調整を行うこともできるので、感光性材料を用いた場合に比べ測定における調整労力を著しく低減させることができる。

【0023】また、請求項3に対応する発明は、請求項1又は2に対応する発明において、投影光学系による結像面の任意の位置を、光強度測定手段により測定可能となるように結像対象を移動可能とした移動機構を備えた結像特性の測定装置である。

【0024】本発明ではこのように、結像特性の測定を行う手段が露光領域内の任意の位置で測定できる移動機構を有することを特徴とする。かかる機構により、露光領域内の任意の位置での開口数及びコヒーレントファクタの測定が可能となる。

【0025】次に、請求項4に対応する発明は、請求項1～3のうちいずれか1つに対応する結像特性の測定装置と、等形状あるいは非等形状に絞りを変形し、及び又は絞りを拡大縮小することにより、投影光学系の結像特性を変更する絞り機構と、結像特性の測定装置により得られる結像特性が所定範囲になるように、あるいは有限回の結像特性変更のうち最適な結像特性となるように、絞り機構を制御して投影光学系の結像特性を調整す

る絞調整手段とを備えた露光装置である。

【0026】本発明ではこのような手段を設けたので、結像特性を自動的にかつ最適あるいは所望の値となるように調整することができる。また、絞り形状を等方形状あるいは非等方形状に絞りを変形できるので、測定された結像特性がその結像面内で非等方的に分布する場合であっても絞り形状の変形により、結像面内で非等方的に分布を矯正して面内で均一な結像特性となるように調整することができる。

【0027】また、請求項5に対応する発明は、光源からの照明光を照明光学系を介してマスクに照射するとともに、マスクのパターンの像を投影光学系により結像する光学系の結像特性の測定方法において、マスクには、微小の開口が複数設けられており、この微小の開口に対応しかつ投影光学系により結像される像の光強度を測定することで光学系の結像特性を測定し、結像される像において、微小の開口を通過する直接的な照明光と、微小の開口にて発生しかつ投影光学系を通過する回折光と、に対応したそれぞれの光強度分布に基づき、結像特性として投影光学系の開口数及びコヒーレンスファクタを各微小の開口に対応して算出する結像特性の測定方法である。

【0028】本発明ではこのような手段を設けたので、請求項1に対応する発明と同様な作用効果を得ることができる。

【0029】さらにまた、請求項6に対応する発明は、請求項5に対応する発明において、光強度を、光を電気信号に変換する手段により測定する結像特性の測定方法である。

【0030】本発明ではこのような手段を設けたので、請求項2に対応する発明と同様な作用効果を得ることができる。次に、請求項7に対応する発明は、請求項5又は6に対応する発明において、像の光強度は、投影光学系による結像面の任意の位置について測定可能とする結像特性の測定方法である。

【0031】本発明ではこのような手段を設けたので、結像面の任意の位置について結像特性を測定することが可能となる。一方、請求項8に対応する発明は、請求項5～7のうちのいずれかに記載の結像特性の測定方法によって得られた結像特性が所定範囲にない場合には、投影光学系の結像特性を変更する特性変更ステップと、この変更後の投影光学系の新たな結像特性を、請求項5～7のうちのいずれかに記載の結像特性の測定方法によって測定する特性測定ステップと、特性変更ステップ及び特性測定ステップを繰り返し、最終的には、結像特性が所定範囲となる状態に、あるいはこの繰り返しを有限回行う中の最適な結像特性となる状態に、投影光学系の結像特性を調整する特性調整ステップとからなる露光装置の結像特性調整方法である。本発明ではこのような手段を設けたので、露光装置の結像特性を自動的にかつ最適ある

いは所望の値となるように調整することができる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。

（発明の第1の実施の形態）図1は本発明の第1の実施の形態に係る結像特性の測定装置を適用する投影型露光装置の一例を示す概略構成図である。

【0033】この投影型露光装置（ステップ）においては、水銀ランプやエキシマレーザー光を光源1とする露光光が、照明系絞り2等の光量調整部や照度均一化手段等からなる照明光学系3を通り、レチクル4を均一な照度でケーラ照明するようになっている。

【0034】レチクル4には、その一方の面にクロム層や位相シフト層でパターン5が形成されており、このパターン5を通過した光は両テレストリックな投影光学系6に入射し、投影光学系6内で投影光学系絞り7を通過し、ウェハ8上にレチクル4のパターン像を形成するようになっている。

【0035】ウェハ8上には、図示しない感光性材料が設けられており、照射された光に対応してその部分が感光する測定板となっている。また、ウェハ8を載置するステージ9はステージ駆動装置10によって上下方向及び水平方向に移動可能となっており、例えば距離移動させる等し、複数の高さ位置において照射光の強度分布が測定できる。

【0036】本実施形態で使用するレチクル4には、投影光学系6の結像特性を調べるために、ピンホール11が設けられており、また、パターン5は、ピンホール11の部分以外の部分において、照明光学系3を通過した光が遮光されるようなパターンとなっている。

【0037】また、投影光学系6は、複数のレンズからなる投影レンズ（対物レンズ）を有している。また、図1には図示しないが、物体面であるウェハ8に対応して瞳（投影レンズの瞳）が存在する。

【0038】ここで、照明系の瞳と投影レンズの瞳との関係について説明する。本実施形態では、上記したように投影レンズの瞳に2次光源面の像が空中像として結像するケーラ照明法を採用している。投影レンズの瞳は有限の直径をもつので、この瞳を通った光だけがウェハ8へ結像光束となって達する。そのため、投影レンズの瞳の有効径がその投影レンズのNA（開口数）を決めることになる。

【0039】一方、投影レンズの瞳に空中像として結像される2次光源面の像は、照明系の瞳に対応するものである。したがって、投影レンズの瞳における上記像の大きさに応じてウェハ8上で照明系のNA（開口数）を測定することが可能となる。この関係について図2を用いてさらに詳しく説明する。

【0040】図2は本実施形態の結像特性の測定装置の測定原理を説明する図である。同図に示すように、照

明系の端面21からの照明光は、ピンホール11により最大錐角 $\theta 1'$ の広がりをもってレチクル4を通過する。このピンホール11を直接通過した光は明度の高い光であって、便宜上、直接照明光22と呼ぶこととする。

【0041】また、照明光はピンホール11を通過する際、回折を起こすため明度の低い回折光が投影光学系6に入射される。この回折光のうち、投影光学系6から射出する最外位置になる光は、投影光学系の端面24の最外周を通過する光である。以下、上記回折光のうち、投影光学系の端面24の最外周より内側を通過する光を回折光23という。

【0042】したがって、ウェハ8に照射される光は、明度の高い上記直接照明光22と、明度の低い上記回折光23とからなる。ここで、図2に示すように、直接照明光22は、ウェハ面に対し最大錐角 $\theta 1$ で入射し、回折光23は、同ウェハ面に対し最大錐角 $\theta 2$ に入射する。これらに対応するウェハ8上のスポット径が同図に示す直径 $r 1$ 、 $r 2$ である。

【0043】図3は本実施形態における照射光のウェハ面上の像強度分布を示す図である。同図の照射による像強度分布は、レチクル4とウェハ8とが互いに結像関係にあるときに、ウェハ位置8aを距離 $L$ だけずらしてウェハ位置8bとしたときのものである。この分布曲線においては、上記回折光23と、上記直接照明光22とから形成される光強度が示されている。

【0044】同図内に示される直径 $r 1$ 及び $r 2$ を測定すれば、 $\sin \theta 1 = r 1 / (2L)$ 、 $\sin \theta 2 = r 2 / (2L)$ より、最大錐角 $\theta 1$ 及び $\theta 2$ が求まる。ここで、回折光23による強度分布曲線の外側が投影光学系のNAを表しているの、 $NA = n \cdot \sin \theta 2$ より、投影光学系のNAが求まる。一方、強度分布曲線の内側の明部が照明系のNAを示している。実際には、照明系のNAは、 $n \cdot \sin \theta 1'$ で表わされるが、投影光学系の特性より $\theta 1$ と $\theta 1'$ の関係がわかるので、投影光学系の場合と同様にして、照明系のNAが求まることになる。コヒーレントファクタ $\sigma$ は照明系NAと投影光学系NAの比であるから、これらより求めることができる。

【0045】実際には、両者に対応する適当な閾値レベルを設けることにより、測定板上に感光した各部、内側の明部及び外部の暗部の大きさを得ることができる。なお、図2、図3に示した場合は、例示説明のため、レチクル4からの光がその中心軸に沿って対象に投射される場合で説明しているが、本実施形態においては投影光学系6が両テレセントリックに構成されているので、投影光学系6内で光軸が上記中心軸からずれるような場合でも、投影光学系6の結像特性NA、 $\sigma$ の算出について、上記と同様に考えることができる。

【0046】上述したように、本発明の実施の形態に係

る結像特性の測定装置及び方法は、レチクル4にピンホール11を設け、ピンホール11を通過する直接的な照明光と、ピンホール11にて発生した投影光学系6を通過する回折光と、に対応したそれぞれの光強度分布に基づき、結像特性を算出するようにしたので、投影光学系の結像特性を簡易かつ高精度に測定することができる。具体的には、従来測定困難であった投影光学系の開口数及びコヒーレントファクタを容易に計測することができる。

【0047】また、一度の測定でNA、 $\sigma$ の両方の測定を行うことができ、効率的な測定とすることができる。

(発明の第2の実施の形態) 本実施形態は、ウェハを水平方向に移動させることで露光可能領域内の複数点における結像特性を効率よく調べるとともに、感光材料による測定でなく、光を電気信号に変換する手段により、結像特性測定を行う場合について説明する。

【0048】図4は本発明の第2の実施の形態に係る結像特性の測定装置を適用する投影型露光装置の一例を示す概略構成図であり、図1、図2と同一部分には同一符号を付して説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0049】本実施形態の結像特性の測定装置では、レチクル4上に設けるピンホール11を複数とし、図2のウェハ位置8bにおける光強度分布を感光性材料でなく、光を電気信号に変換する測定手段を用いた点を除き、第1の実施形態の場合と同様に構成されている。

【0050】この結像特性の測定装置においては、ウェハ8条に折り返しミラー31が設けられ、投影光学系6からの照射光を該ミラー31で折り返して強度分布測定素子32により測定するようになっている。

【0051】この強度分布測定素子32としては、例えばCCDカメラやラインセンサカメラが使用可能であるが、本実施形態の場合には、露光可能領域内の2次元的な結像特性分布を求めようとしているので、CCDカメラが用いられている。

【0052】強度分布測定素子32からの出力は、結像特性演算部33に入力され、強度分布測定素子32によって、レチクル4の各ピンホール11に対応して投影光学系6の結像特性NA、 $\sigma$ が算出される。

【0053】また、本実施形態では、ウェハ8上の折り返しミラー31及び測定素子32はウェハ8と平行な方向に任意に移動できる水平移動機構を備えている。この移動機構は、具体的には図1に示されるステージ9及びそのステージ駆動装置10からなっている。このステージのXY移動により、露光領域内すべての位置で露光光学系のNA、 $\sigma$ が求まることとなる。

【0054】この結像特性NA、 $\sigma$ に算出するにあたり、レチクル4と強度分布測定素子32の受光面とが互いに結像関係なる位置からウェハ8をずらした場合の各ピンホール11に対応する光強度分布は、図3に示す場

合と同様になる。したがって、この光強度分布の出力に  
 閾値#1及び閾値#2を設けてそれぞれ直径 $r_1$ 及び $r_2$   
 を測定すれば、以下、第1実施形態の場合と同様にし  
 て投影光学系のNA、 $\sigma$ が算出できる。

【0055】図5は本実施形態における直接照明光によ  
 る明部及び回折光23による暗部が強度分布測定素子3  
 2の受光面上に生じる様子を模式的に示す図である。同  
 図に示すように、レチクル4上のピンホール11を2次  
 元平面上に分布させることで、これに対応する明部34  
 及び暗部35も2次的に分布し、各々から投影光学系  
 のNA、 $\sigma$ が算出され、露光可能領域内における投影光  
 学系の2次的な結像特性分布が一度の測定で容易に求  
 まることとなる。

【0056】上述したように、本発明の実施の形態に係  
 る結像特性の測定装置及び方法は、第1の実施形態と同  
 様な構成を設けた他、レチクル4上のピンホール11を  
 複数としたので、第1の実施形態と同様な効果が得られ  
 る他、露光可能領域の複数点の光学系の結像特性の分布  
 を簡易かつ高精度に測定することができる。

【0057】また、水平移動機構により測定素子を任意  
 の位置に移動できるため、複数ピンホール11に対応す  
 る各結像特性が一度に測定できる。また、光強度分布の  
 計測にCCD素子のような電氣的に光強度を表せる強度  
 分布測定素子32を使用するようにしたので、ゲインや  
 レベル調整による調整作業が簡単であり、また、光強度  
 測定時やその測定後に調整を行うこともでき、感光性材  
 料を用いた場合に比べ測定における調整労力を著しく低  
 減させることができる。したがって、高精度、定量的かつ  
 再現性よく結像特性を計測することができる。

(発明の第3の実施の形態) 上記各実施形態では、ウェ  
 ハ8を載置するステージ9を上下に動作させることで、  
 レチクル4とウェハ8とが互いに結像関係なる位置から  
 距離 $z$ をずらすようにしたが、このような光学的な位置ず  
 らしは、レチクル4を上下動作させることによっても可  
 能である。本実施形態では、レチクル4を上下動作させ  
 ることで、投影光学系のNA、 $\sigma$ を算出する場合につい  
 て説明する。

【0058】図6は本発明の第3の実施の形態に係る結  
 像特性の測定装置におけるレチクル位置を上下動させる  
 様子を例示する図であり、図1、図2、図4と同一部分  
 には同一符号を付して説明を省略し、ここでは異なる部  
 分についてのみ述べる。

【0059】同図は、駆動装置41を設けて、レチクル  
 4を載せる台42を上下に駆動できるようにしたもので  
 ある。投影光学系のNA、 $\sigma$ を算出は、第1または第2  
 実施形態と同様な考え方で行われる。

【0060】図7は駆動手段によらずレチクル上下位置  
 を変更する方法について例示する図である。図7(a)  
 は、通常のレチクル4は位置状態を示している。このと  
 き、レチクル4のパターン5は下側、すなわち投影光学

系6側となっている。

【0061】図7(b)は、レチクル4をひっくり返  
 し、パターン5を上側、すなわち照明光学系3側とした  
 場合である。図7(a)のときに、レチクル4とウェハ  
 8とが互いに結像関係なる位置に調整されていれば、こ  
 のようにレチクル4をひっくり返すことで、その厚み分  
 だけ光学的位置をずらすことができる。

【0062】図7(c)は、レチクル4と台42との間  
 にスペーサ43を入れた場合である。このようなスペー  
 サ43を用いることで、その厚み分だけ光学的位置をず  
 らすことができる。

【0063】なお、本実施形態の場合も投影光学系6が  
 両テレストリックであるので、複数ピンホール11を  
 有するレチクル4を上下させても結像特性の測定に特に  
 問題は生じない。

【0064】上述したように、本発明の実施の形態に係  
 る結像特性の測定装置及び方法は、第1又は第2の実施  
 形態と同様な構成を設けた他、レチクル4と測定位置と  
 の光学的位置をレチクルの位置を変更することでずらす  
 ようにしたので、第1又は第2の実施形態と同様な効果  
 が得られる他、図1のステージ9動作と異なる手段によ  
 り、結像特性の測定のための光学的位置を変更すること  
 ができる。

(発明の第4の実施の形態) 本実施形態においては、第  
 1～第3の実施形態で説明した結像特性の測定装置を利用  
 した露光装置について説明する。

【0065】すなわち本実施形態の露光装置は、図4に  
 示す光を電気信号に変換する手段により測定される結像  
 特性NA、 $\sigma$ の結果をフィードバックさせつつ、露光装  
 置の光学特性調整を同時に実行するものであり、また、  
 この測定されたNA、 $\sigma$ 値から最適なNA、 $\sigma$ を求める  
 ものである。

【0066】本実施形態の露光装置は、図1に示す照明  
 光学系3及び投影光学系6を含む露光装置本体に、第2  
 又は第3の実施形態の結像特性の測定装置が設けられた  
 システムとして構成される。

【0067】露光装置本体には、照明光学系3及び又は  
 投影光学系6、あるいはこれらの光学系3、6とは別途  
 に、結像特性NA、 $\sigma$ を調整するための絞り機構が設け  
 られている。

【0068】また、この絞り機構は図4の結像特性演算  
 部33の結像特性NA、 $\sigma$ に基づいて絞りの度合いが絞  
 調整装置によって制御されるようになっている。また、  
 絞り機構は、その絞りを拡大縮小するのみならず、非等  
 方的な変形(例えば円形～楕円形間での変形)をも行え  
 るようになっている。

【0069】図8は本発明の第4の実施の形態における  
 露光装置の絞り機構により絞りが拡大縮小、変形される  
 様子を示す図である。同図では、絞りの変形パターンと  
 して円形と楕円形を示しているが、絞り機構は、その他

の形状にも変形可能である。このように非等方的な変形を行うことでNA、 $\sigma$ の面内分布におけるXY差も補正できるようになっている。

【0070】また、絞調整装置は、結像特性演算部33によるNA、 $\sigma$ の面内測定結果に基づき、所定のルールで絞りを拡大縮小あるいは変形するようになっている。すなわち各NA、 $\sigma$ について統計的な処理を行ってNA、 $\sigma$ の面内測定結果全体の評価を行い、上記絞りの拡大縮小あるいは変形を施して、新たなNA、 $\sigma$ の評価を行う。

【0071】これを繰り返し、新たなNA、 $\sigma$ の評価が高くなる方向へ向けて順次調整を行う。そして、設定範囲のNA、 $\sigma$ 値になるか、所定のパターンの絞り調整をすべて実行評価したところで、あるいは所定回数の絞り拡大縮小あるいは変形及び評価を繰り返したところで、評価作業を終了する。

【0072】絞調整装置は、最終的に結像特性を評価した中で、最もよいNA、 $\sigma$ 値となる絞り状態に絞り機構を調整する。上述したように、本発明の実施の形態に係る露光装置及びその結像特性調整方法は、第2又は第3の実施形態と同様な構成を設けた他、露光装置本体に絞り機構及びこの絞り機構を制御する絞り調整部を設け、結像特性演算部33によるNA、 $\sigma$ の面内測定結果に基づき絞り調整を行うようにしたので、露光装置の結像特性を自動的にかつ最適あるいは所望の値となるように調整することができる。

【0073】また、絞り形状を等形状あるいは非等形状に絞りを変形できるので、測定された結像特性がその結像面内で非等方的に分布する場合であっても絞り形状の変形によって、結像面内で非等方的に分布を矯正して面内で均一な結像特性となるように調整することができる。なお、本発明は、上記各実施の形態に限定されるものでなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々に変形することが可能である。

【0074】

【発明の効果】以上詳記したように本発明によれば、投影光学系の結像特性を簡易かつ高精度に測定することを可能とした結像特性の測定装置及び方法を提供することができる。

【0075】また、本発明によれば、露光可能領域の複数点の投影光学系の結像特性の分布を簡易かつ高精度に、さらに効率的に測定することを可能とした結像特性の測定装置及び方法を提供することができる。

【0076】さらに、本発明によれば、結像特性を自動

的にかつ最適あるいは所望の値となるように調整することができる露光装置及びその結像特性調整方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る結像特性の測定装置を適用する投影型露光装置の一例を示す概略構成図。

【図2】同実施形態の結像特性の測定装置の測定原理を説明する図。

10 【図3】同実施形態における照射光のウェハ面上の像強度分布を示す図。

【図4】本発明の第2の実施の形態に係る結像特性の測定装置を適用する投影型露光装置の一例を示す概略構成図。

【図5】同実施形態における直接照明光による明部及び回折光による暗部が強度分布測定素子の受光面上に生じる様子を模式的に示す図。

20 【図6】本発明の第3の実施の形態に係る結像特性の測定装置におけるレチクル位置を上下動させる様子を例示する図。

【図7】駆動手段によらずレチクル上下位置を変更する方法について例示する図。

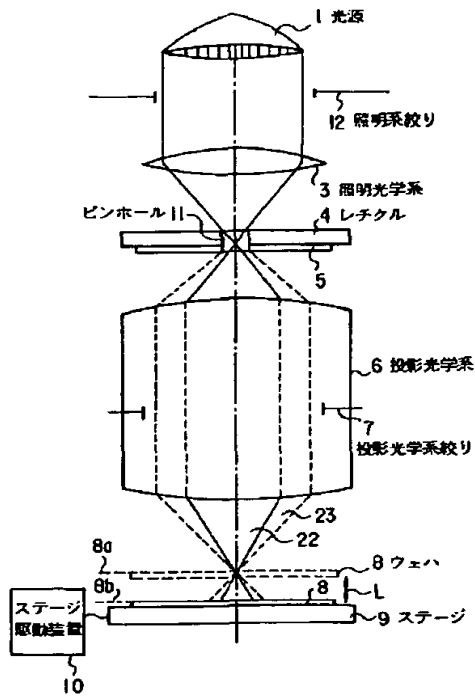
【図8】本発明の第4の実施の形態の露光装置における絞り機構により絞りが拡大縮小、変形される様子を示す図。

【符号の説明】

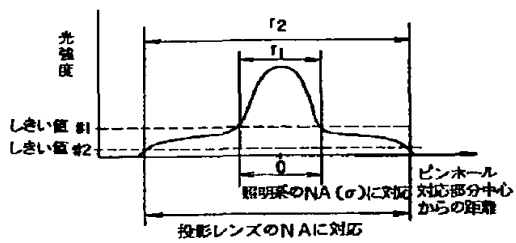
- 1…光源
- 2…照明系統り
- 3…照明光学系
- 30 4…レチクル
- 5…パターン
- 6…投影光学系
- 7…投影光学系統り
- 8…ウェハ
- 9…ステージ
- 10…ステージ駆動装置
- 11…ピンホール
- 31…折り返しミラー
- 32…強度分布測定素子
- 40 33…結像特性演算部
- 41…駆動装置
- 42…台
- 43…スペース



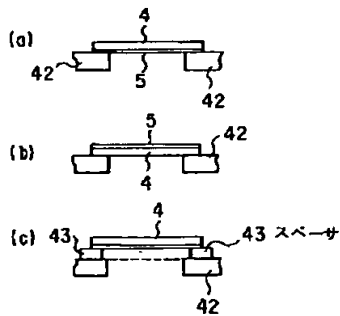
【図1】



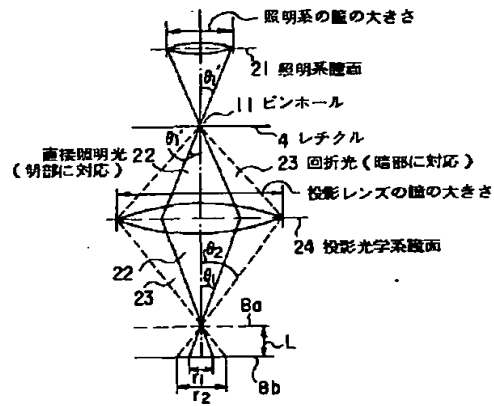
【図3】



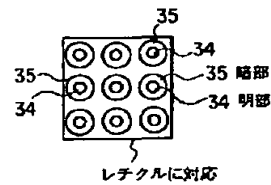
【図7】



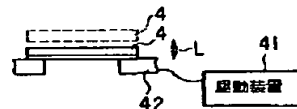
【図2】



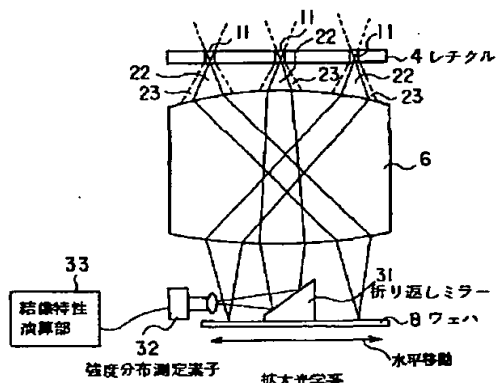
【図5】



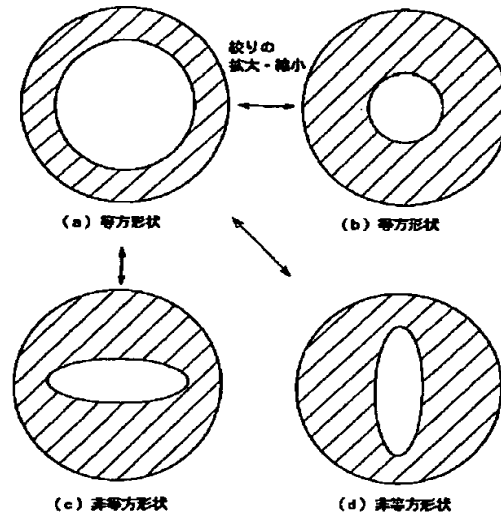
【図6】



【図4】



【図 8】




---

フロントページの続き

(72)発明者 浅沼 慶太  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地  
株式会社東芝横浜事業所内

(56)参考文献 特開 昭 59-94032 (J P, A)  
特開 平 2-50417 (J P, A)  
特開 平 8-97116 (J P, A)  
特開 平 6-29179 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B 名)

H01L 21/027

G03F 7/20 521

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] While irradiating the lighting light from the light source through lighting optical system at a mask In the measuring device of the image formation property of the optical system which carries out image formation of the image of the pattern of the aforementioned mask by the projection optical system on the aforementioned mask The measuring device of the image formation property characterized by having an optical on-the-strength measurement means to measure the optical intensity of the image in which two or more minute openings are prepared, and corresponds to opening of the aforementioned fine smallness, and image formation is carried out by the aforementioned projection optical system.

[Claim 2] the aforementioned image by which image formation is carried out -- setting -- the above -- a direct lighting light which passes minute opening, and the above -- the measuring device of the image-formation property according to claim 1 characterized by to compute the numerical aperture and the coherence factor of the aforementioned projection optical system as the aforementioned image formation property corresponding to opening of each \*\*\*\* based on each optical intensity distribution which resembled the diffracted light which occurs in minute opening and passes the aforementioned projection optical system, and corresponded

[Claim 3] The aforementioned optical on-the-strength measurement means is the measuring device of the image formation property according to claim 1 or 2 characterized by being a measurement means to change light into an electrical signal.

[Claim 4] It is [ the claim 1 characterized by having the move mechanism which made the arbitrary positions of the image formation side by the aforementioned projection optical system movable / an image formation object / so that it might become measurable by the aforementioned optical on-the-strength measurement means, or ] the measuring device of an image formation property given in any 1 term among 3.

[Claim 5] The aligner characterized by providing the following. It is [ the aforementioned claim 1 or ] the measuring device of an image formation property given in any 1 term among 4. The drawing mechanism in which the image formation property of the aforementioned projection optical system is changed by transforming drawing into a \*\*\*\* configuration or the method configuration of non-\*\*, and attaining to it, or carrying out enlarging or contracting of the drawing. A \*\*\*\*\* means to control the aforementioned drawing mechanism and to adjust the image formation property of the aforementioned projection optical system so that the image formation property acquired by the measuring device of the aforementioned image formation property may become a predetermined range, or so that it may become the optimal image formation property among image formation property change of a limited time.

[Claim 6] While irradiating the lighting light from the light source through lighting optical system at a mask In the measuring method of the image formation property of the optical system which carries out image formation of the image of the pattern of the aforementioned mask by the projection optical system on the aforementioned mask The measuring method of the image formation property characterized by measuring the image formation property of the aforementioned optical system by measuring the optical intensity of the image in which two or more minute openings are prepared, and corresponds to this minute opening, and image formation is carried out by the aforementioned projection optical system.

[Claim 7] the aforementioned image by which image formation is carried out -- setting -- the above -- a direct lighting light which passes minute opening, and the above -- the measuring method of the image-formation property according to claim 6 characterized by to compute the numerical aperture and the coherence factor of the aforementioned projection optical system as the aforementioned image formation property corresponding to opening of each \*\*\*\* based on each optical intensity distribution which resembled the diffracted light which occurs in minute opening and passes the aforementioned projection optical system, and corresponded

[Claim 8] The measuring method of the image formation property according to claim 6 or 7 characterized by

[http://www4.ipdl.jpo.go.jp/cgi-bin/tran\\_web\\_cgi\\_ejje?u=http%3A%2F%2Fwww6.ipdl.jpo.go.jp%2FToku...](http://www4.ipdl.jpo.go.jp/cgi-bin/tran_web_cgi_ejje?u=http%3A%2F%2Fwww6.ipdl.jpo.go.jp%2FToku...) 6/17/2003

measuring the aforementioned optical intensity by means to change light into an electrical signal.

[Claim 9] The optical intensity of the aforementioned image is [ the claim 6 characterized by supposing that it is measurable about the arbitrary positions of the image formation side by the aforementioned projection optical system, or ] the measuring method of an image formation property given in any 1 term among 8.

[Claim 10] The image formation property adjustment method of an aligner characterized by providing the following. The property change step which changes the image formation property of the aforementioned projection optical system when there is no aforementioned image formation property acquired the aforementioned claim 6 or among 9 by the measuring method of an image formation property given in any 1 term in the predetermined range. The property measurement step which measures the new image formation property of the projection optical system after this change the aforementioned claim 6 or among 9 with the measuring method of an image formation property given in any 1 term. It is the property adjustment step which repeats the aforementioned property change step and the aforementioned property measurement step, and adjusts the image formation property of the aforementioned projection optical system to the state where the aforementioned image formation property finally serves as a predetermined range, or the state of becoming the optimal image formation property in limited \*\*\*\*\* about this repeat.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the measuring device, aligner, and method of the image formation property suitable for image formation property measurement of the aligner used for manufacture of the measuring device of an image formation property, an aligner and a method, especially a semiconductor device, etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] In manufacture of a semiconductor device or a liquid crystal display board, aligners, such as a stepper used for a lithography process etc., are indispensable. In an aligner, Koehler illumination is performed from an illumination system to masks, such as a reticle, the light which penetrated this reticle passes a projection optical system further, and a reticle image is exposed by the wafer side.

[0003] In this aligner, since it is necessary to carry out projection exposure of the reticle image etc. with high precision to the minute field on a wafer, it is very important to investigate what image formation property the projection optical system has.

[0004] Conventionally, such measurement lays on a stage the measurement board which applied a photosensitive material, and is performed by investigating the diameter of the sensitization portion of the circle configuration which changes the stage height position and is acquired.

[0005] As an image formation property, numerical aperture (NA) of a projection optical system and measurement of a coherence factor (sigma) are performed. In this kind of projection system, image formation is carried out in a size by which the image of a secondary surface of light source is included in the effective diameter of a pupil. The numerical aperture (NA) of a projection optical system means the numerical aperture to the pupil of a projection optical system from the body side on the wafer laid in a stage here, and it is given by  $NA = n \cdot \sin \theta$  (it is the angle (maximum \*\*\*\*theta) which is here and stretches [ as opposed to / the radius of a pupil / in n ] theta as opposed to the refractive index of a medium).

[0006] On the other hand, the coherence factor sigma is the ratio of the diameter (Si) of the image of the secondary surface of light source formed on the pupil of a projection optical system in the state where there is no recreation chill R, and the effective diameter (Sp) of the pupil concerned (Si/Sp), i.e., the ratio of the numerical aperture of an illumination system, and the numerical aperture of the above-mentioned projection optical system to a reticle.

[0007] The coherence factor sigma is treated as one factor of lighting conditions. a sigma value -- as long as -- a thing when [ be / nothing ] close to zero is called coherence lighting, and the time of a sigma value being 1 is called incoherent lighting, and it calls that it is coherent partially at the time of a value in the meantime In order to set up this sigma value, the method of changing the opening size of illumination-system drawing in drawing is simplest method.

[0008] Now, in order to measure numerical aperture NA and the coherence factor sigma using the measurement board which applied a photosensitive material, the light which diffused the diffusion board to the above-mentioned diffusion board also in the position of a reticle at the whole effective system of the pupil of a projection optical system reaches first, and the irradiation light corresponding to the pupil concerned reaches the above-mentioned measurement board. Therefore, if the height position of a wafer is changed and a sensitization partial radius is investigated, above-mentioned \*\*\*\* theta can be found and NA can be computed.

[0009] The light which the image corresponding to the pupil of an illumination system will be obtained [ in / a reticle position / for a diffusion board ] on the pupil of a projection optical system, and reaches on the above-mentioned measurement board with this image on the other hand corresponds to the pupil of an illumination system. Therefore, the numerical aperture NA of an illumination system can be measured like the case of the numerical aperture NA of a

projection optical system, and the coherence factor sigma can be found.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, there are the following troubles by the above-mentioned conventional image formation property measuring method. First, this is complicated work although it is necessary to do the sensitization work to a measurement board in order to measure numerical aperture NA of a projection optical system. Furthermore, since it is necessary to ask measurement of the coherence factor sigma for the numerical aperture of an illumination system, the still more nearly same sensitization work is needed for it. Thus, it is in charge of measuring a series of image formation properties, and moreover, exchange of a measurement board, insertion and detachment of a diffusion board, etc. are required for at least two sensitization in each work in the need, and measurement of the sensitization portion after measurement still needs it of the conventional method. Moreover, when a photosensitive material is used, in order for the incident-light strength to the photosensitivity of material to need to be adjusted etc. and to perform this, it must be made to have to expose repeatedly and trial and error must be repeated.

[0011] Thus, by the conventional method, measuring the image formation property of the projection optical system corresponding to one on a reticle also needed to repeat complicated work. Moreover, the distribution of the image formation property in [ which can be exposed ] a field corresponding to an exposure field also needs to be taken into consideration with the further detailed-izing of a device in recent years. Specifically, the numerical aperture NA of exposure optical system and the coherence factor sigma may change at the arbitrary points in an exposure field with influences of the aberration of optical system. It is impossible to disregard the problem that the device pattern size exposed changes with positions in an exposure field, at this time. Therefore, you have to investigate the image formation property corresponding to each position of not only the image formation property corresponding to one point of the field by the projection optical system which can be exposed but the field which can be exposed.

[0012] However, it is next to impossible on the investigating [ measuring the image formation property of one point must also do very complicated work so that it may mention above, and / with high precision and efficiently ]-by conventional method,-the distribution of image formation property of two or more points fact.

[0013] this invention was made in consideration of such the actual condition, and the 1st purpose is in offering the measuring device and method of an image formation property which made it possible to measure the image formation property of a projection optical system simply and with high precision.

[0014] The 2nd purpose is to offer the measuring device and method of an image formation property which made it possible to measure simply and highly precise still more efficiently the distribution of the image formation property of the projection optical system of two or more points of the field which can be exposed.

[0015] The 3rd purpose will offer automatic the optimal or aligner which made it possible to adjust so that it may become a desired value, and its image formation property adjustment method for an image formation property.

[0016]

[Means for Solving the Problem] If the main point of this invention creates and illuminates a pinhole on a mask side, a mask position or a wafer side position is shifted in the direction of an optical axis from the position of the mask wafer side which has an image formation relation and a pinhole image is observed Since it becomes the distribution by which the optical intensity distribution of a pinhole image were divided into two stages by diffraction of the lighting light in a pinhole It is in the ability to make numerical aperture (NA), a coherence factor (sigma), etc. of a projection optical system of an aligner with high precision and quantitative by measuring the size of the diameter direction of each distribution.

[0017] Moreover, more specifically, solution of the above-mentioned technical problem is realized by the following solution means. First, while invention corresponding to a claim 1 irradiates the lighting light from the light source through lighting optical system at a mask In the measuring device of the image formation property of the optical system which carries out image formation of the image of the pattern of a mask by the projection optical system on a mask It is the measuring device of the image formation property equipped with an optical on-the-strength measurement means to measure the optical intensity of the image in which two or more minute openings are prepared, and corresponds to minute opening, and image formation is carried out by the projection optical system.

[0018] In this invention, since such a means was established, although it considers as efficient measurement from the ability of each image formation property corresponding to two or more openings for the distribution of the image formation property of the optical system of two or more points of the field which can be exposed to be measured simply and with high precision, and measure at once by measurement once, it can do.

[0019] Furthermore, invention corresponding to a claim 2 is set to invention corresponding to a claim 1. The diffracted light which occurs in minute opening with a direct lighting light which passes minute opening in the image by which image formation is carried out, and passes a projection optical system, It is the measuring device of the image

formation property which is alike and computes the numerical aperture and the coherence factor of a projection optical system as an image formation property corresponding to opening of each \*\*\*\* based on each optical corresponding intensity distribution.

[0020] In this invention, since such a means was established, the numerical aperture and the coherence factor of a projection optical system can be obtained as an image formation property. Moreover, both NA and sigma can be once measured by measurement, and it can consider as efficient measurement.

[0021] Invention corresponding to a claim 3 is the measuring device of the image formation property that an optical on-the-strength measurement means is a measurement means to change light into an electrical signal, in a claim 1 or invention corresponding to 2 further again.

[0022] In this invention, since such a means was established, since the tuning by the gain and level adjustment is easy and can also adjust the time of optical on-the-strength measurement, and after the measurement, in detection of optical intensity distribution, the adjustment effort in measurement can be remarkably reduced compared with the case where a photosensitive material is used.

[0023] Moreover, invention corresponding to a claim 4 is the measuring device of the image formation property equipped with the move mechanism which made the arbitrary positions of the image formation side by the projection optical system movable [ an image formation object ] so that it might become measurable by the optical on-the-strength measurement means in invention corresponding to claims 1-3.

[0024] In this invention, a means to measure an image formation property is characterized by having the move mechanism which can be measured in the arbitrary positions in an exposure field in this way. According to this mechanism, the numerical aperture in the arbitrary positions in an exposure field and measurement of a coherent factor are attained.

[0025] Invention corresponding to a claim 5 transforms drawing into the shape of rectangles [ measuring device / of the image formation property corresponding to any one of claims 1-4 ], and the method configuration of non-\*\*. next, or by carrying out enlarging or contracting of the drawing So that the drawing mechanism in which the image formation property of a projection optical system is changed, and the image formation property acquired by the measuring device of an image formation property may become a predetermined range Or it is the aligner equipped with a \*\*\*\*\* means to control a drawing mechanism and to adjust the image formation property of a projection optical system so that it may become the optimal image formation property among image formation property change of a limited time.

[0026] In this invention, since such a means was established, an image formation property can be adjusted so that it may become an optimum or a desired value automatically. moreover, it can extract, even if it is the case where the measured image formation property is isotropic[ un-]-alike, and is distributed in the image formation side, since drawing can be transformed into the shape of rectangles [ configuration / drawing ], and the method configuration of non-\*\*, and it can adjust so that it may be alike un-isotropic in an image formation side, a distribution may be corrected and it may become a uniform image formation property in a field by deformation of a configuration

[0027] Moreover, while invention corresponding to a claim 6 irradiates the lighting light from the light source through lighting optical system at a mask In the measuring method of the image formation property of the optical system which carries out image formation of the image of the pattern of a mask by the projection optical system on a mask It is the measuring method of the image formation property which measures the image formation property of optical system by measuring the optical intensity of the image in which two or more minute openings are prepared, and corresponds to this minute opening, and image formation is carried out by the projection optical system.

[0028] In this invention, since such a means was established, the same operation effect as invention corresponding to a claim 1 can be acquired. Furthermore, invention corresponding to a claim 7 is set to invention corresponding to a claim 5. The diffracted light which occurs in minute opening with a direct lighting light which passes minute opening in the image by which image formation is carried out, and passes a projection optical system, It is the measuring method of the image formation property which is alike and computes the numerical aperture and the coherence factor of a projection optical system as an image formation property corresponding to opening of each \*\*\*\* based on each optical corresponding intensity distribution.

[0029] In this invention, since such a means was established, the same operation effect as invention corresponding to a claim 2 can be acquired. Invention corresponding to a claim 8 is the measuring method of the image formation property which measures optical intensity by means to change light into an electrical signal in a claim 6 or invention corresponding to 7 further again.

[0030] In this invention, since such a means was established, the same operation effect as invention corresponding to a claim 3 can be acquired. Next, invention corresponding to a claim 9 is the measuring method of the image formation property made measurable [ the optical intensity of an image ] about the arbitrary positions of the image formation side

by the projection optical system in invention corresponding to claims 6-8.

[0031] In this invention, since such a means was established, it becomes possible to measure an image formation property about the arbitrary positions of an image formation side. On the other hand, when there is no image formation property acquired by either with the measuring method of the image formation property of a publication among claims 6-9 in the predetermined range, invention corresponding to a claim 10 The property change step which changes the image formation property of a projection optical system, and the property measurement step which measures the new image formation property of the projection optical system after this change with the measuring method of the image formation property of a publication to either among claims 6-9, A property change step and a property measurement step are repeated. finally It is the image formation property adjustment method of an aligner which consists of a property adjustment step which adjusts the image formation property of a projection optical system to the state where an image formation property serves as a predetermined range, or the state of becoming the optimal image formation property in limited \*\*\*\*\* about this repeat. In this invention, since such a means was established, the image formation property of an aligner can be adjusted so that it may become an optimum or a desired value automatically.

[0032]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained.

(Gestalt of implementation of the 1st of invention) Drawing 1 is the outline block diagram showing an example of the projected type aligner which applies the measuring device of the image formation property concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[0033] the lighting optical system 3 with which the exposure light which uses a mercury lamp and excimer laser light as the light source 1 consists of a quantity of light controller, an illuminance equalization means, etc. of illumination-system drawing 2 grade in this projected type aligner (stepper) -- a passage -- a reticle 4 -- a uniform illuminance -- Koehler illumination -- it carries out

[0034] the light which the pattern 5 is formed in the field of one of these in the chromium layer or the phase shift layer at the reticle 4, and passed this pattern 5 -- both the tele cent -- incidence is carried out to the rucksack projection optical system 6, the projection-optical-system drawing 7 is passed within a projection optical system 6, and the pattern image of a reticle 4 is formed on a wafer 8

[0035] A photosensitive material which is not illustrated is prepared on the wafer 8, and it has become the measurement board which the portion exposes corresponding to the irradiated light. Moreover, with the stage driving gear 10, the stage 9 in which a wafer 8 is laid carries out the vertical direction, being horizontally movable, for example, doing distance L movement of, etc., and can measure an irradiation luminous-intensity distribution in two or more height positions.

[0036] In order to investigate the image formation property of a projection optical system 6, the pinhole 11 is established at the reticle 4 used with this operation gestalt, and the pattern 5 is the pattern with which the light which passed the lighting optical system 3 is shaded in portions other than the portion of a pinhole 11.

[0037] Moreover, the projection optical system 6 has the projection lens (objective lens) which consists of two or more lenses. Moreover, although not illustrated to drawing 1, a pupil (pupil of a projection lens) exists corresponding to the wafer 8 which is a body side.

[0038] Here, the relation between the pupil of an illumination system and the pupil of a projection lens is explained. With this operation gestalt, as described above, the image of a secondary surface of light source has adopted as the pupil of a projection lens the Koehler's illumination which carries out image formation as an air image. Since the pupil of a projection lens has a limited diameter, only the light which passed along this pupil serves as the image formation flux of light to a wafer 8, and reaches to it. Therefore, the effective diameter of the pupil of a projection lens will determine NA (numerical aperture) of the projection lens.

[0039] On the other hand, the image of the secondary surface of light source by which image formation is carried out to the pupil of a projection lens as an air image corresponds to the pupil of an illumination system. Therefore, it becomes possible to measure NA (numerical aperture) of an illumination system on a wafer 8 corresponding to the size of the above-mentioned image in the pupil of a projection lens. This relation is explained in more detail using drawing 2.

[0040] Drawing 2 is drawing explaining the measurement principle of the measuring device of the image formation property of this operation gestalt. The lighting light from the pupil surface 21 of an illumination system has the breadth of maximum \*\*\*\*  $\theta_1$  by the pinhole 11, and passes a reticle 4 so that it may be shown in this drawing. The light which passed this pinhole 11 directly is a high light of lightness, and suppose for convenience that it is called the direct lighting light 22.

[0041] Moreover, in case lighting light passes a pinhole 11, in order that it may cause diffraction, incidence of the low



diffracted light of lightness is carried to a projection optical system 6. The light which becomes the outermost position injected from a projection optical system 6 among this diffracted light is a light which passes the outermost periphery of the pupil surface 24 of a projection optical system. Hereafter, the light which passes inside the outermost periphery of the pupil surface 24 of a projection optical system among the above-mentioned diffracted lights is called diffracted light 23.

[0042] Therefore, the light irradiated by the wafer 8 consists of the above-mentioned high direct lighting light 22 of lightness, and the low above-mentioned diffracted light 23 of lightness. Here, as shown in drawing 2, incidence of the direct lighting light 22 is carried out by maximum  $\theta_1$  to a wafer side, and it carries out incidence of the diffracted light 23 to maximum  $\theta_2$  to this wafer side. The diameters of a spot on the wafer 8 corresponding to these are the diameters  $r_1$  and  $r_2$  shown in this drawing.

[0043] Drawing 3 is drawing showing the image intensity distribution on the wafer side of the irradiation light in this operation gestalt. The image intensity distribution by irradiation of this drawing are the things when only distance  $L$  shifting wafer position 8a, and being referred to as wafer position 8b, when the recreation chill 4 and a wafer 8 have an image formation relation mutually. In this distribution curve, the optical intensity formed from the above-mentioned diffracted light 23 and the above-mentioned direct lighting light 22 is shown.

[0044] If the diameters  $r_1$  and  $r_2$  shown in this drawing are measured, maximum  $\theta_1$   $\theta_2$  can be found from  $\sin\theta_1=r_1/(2L)$  and  $\sin\theta_2=r_2/(2L)$ . Here, since the outside of the intensity-distribution curve by the diffracted light 23 expresses NA of a projection optical system, NA of a projection optical system can be found from  $NA=n\sin\theta_2$ . On the other hand, the bright section inside an intensity-distribution curve shows NA of an illumination system. In fact, although NA of an illumination system is expressed with  $n\sin\theta_1'$ , since the relation between  $\theta_1$  and  $\theta_1'$  understands it from the property of a projection optical system, NA of an illumination system can be found like the case of a projection optical system. Since the coherent factor  $\sigma$  is the ratio of an illumination system NA and a projection optical system NA, it can ask for it from these.

[0045] In fact, the size of each part exposed on the measurement board, an inside bright section, and external dark space can be obtained by preparing the suitable threshold level corresponding to both. In addition, although it is explaining by the case where it is projected on the light from a reticle 4 by the object along with the medial axis, for instantiation explanation when shown in drawing 2 and drawing 3, since the projection optical system 6 is constituted by both the tele cent rucksack in this operation gestalt, even when an optical axis shifts from the above-mentioned medial axis within a projection optical system 6, calculation of the image formation properties NA and  $\sigma$  of a projection optical system 6 can be considered to be the above the same way.

[0046] As mentioned above, since the measuring device and method of an image formation property concerning the form of operation of this invention computed the image formation property based on each optical intensity distribution corresponding to the diffracted light which forms a pinhole 11 in a reticle 4, and occurs at a pinhole 11 with a direct lighting light which passes a pinhole 11, and passes a projection optical system 6, they can measure the image formation property of a projection optical system simply and with high precision. The numerical aperture and the coherence factor of the projection optical system measurement was concrete conventionally difficult the projection optical system are easily measurable.

[0047] Moreover, both NA and  $\sigma$  can be once measured by measurement, and it can consider as efficient measurement.

(Gestalt of implementation of the 2nd of invention) This operation gestalt explains the case where image formation property measurement is performed, by means to change not measurement but the light by sensitive material into an electrical signal while investigating efficiently the image formation property in two or more [ in / which can be exposed / a field ] by moving a wafer horizontally.

[0048] Drawing 4 is the outline block diagram showing an example of the projected type aligner which applies the measuring device of the image formation property concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention, it gives the same sign to the same portion as drawing 1 and drawing 2, omits explanation, and describes only a portion different here.

[0049] The pinhole 11 established on a reticle 4 is made into plurality, and the optical intensity distribution in wafer position 8b of drawing 2 consist of measuring devices of the image formation property of this operation gestalt like the case of the 1st operation gestalt except for the point using a measurement means to change into an electrical signal, not in a photosensitive material but in light.

[0050] It sets to the measuring device of this image formation property, a mirror 31 is formed in eight articles of wafers by return, the irradiation light from a projection optical system 6 is turned up by this mirror 31, and it measures by the intensity-distribution measurement element 32.

[0051] As this intensity-distribution measurement element 32, although a CCD camera and a line-sensor camera are usable, since it is going to ask for the two-dimensional image formation property distribution in [ which can be exposed ] a field, in the case of this operation gestalt, the CCD camera is used, for example.

[0052] The output from the intensity-distribution measurement element 32 is inputted into the image formation property operation part 33, and the image formation properties NA and sigma of a projection optical system 6 are computed by the intensity-distribution measurement element 32 corresponding to each pinhole 11 of a reticle 4.

[0053] Moreover, with this operation gestalt, the clinch mirror 31 and the measurement element 32 on a wafer 8 are equipped with the horizontal displacement mechanism which can move in the direction parallel to a wafer 8 arbitrarily. This move mechanism specifically consists of a stage 9 shown in drawing 1 , and its stage driving gear 10. By XY movement of this stage, NA of exposure optical system and sigma can be found in an exposure field in all positions.

[0054] these image formation properties NA and sigma -- computing -- hitting -- the recreation chill 4 and the light-receiving side of the intensity-distribution measurement element 32 -- mutual -- image formation -- a relation -- the optical intensity distribution corresponding to each pinhole 11 at the time of shifting a wafer 8 from a position become being the same as that of the case where it is shown in drawing 3 . Therefore, if threshold #1 and threshold #2 are prepared in the output of these optical intensity distribution and the \*\*\*\*\* diameters r1 and r2 are measured, NA of a projection optical system and sigma are computable like the case of the 1st operation gestalt hereafter.

[0055] Drawing 5 is drawing showing typically signs that the bright section by the direct lighting light in this operation gestalt and the dark space by the diffracted light 23 arise on the light-receiving side of the intensity-distribution measurement element 32. As shown in this drawing, by distributing the pinhole 11 on a reticle 4 on a two-dimensional flat surface, the bright section 34 and dark space 35 corresponding to this will also be distributed two-dimensional, NA of a projection optical system and sigma will be computed from each, and the two-dimensional image formation property distribution of the projection optical system in [ which can be exposed ] a field can be once found easily by measurement.

[0056] As mentioned above, since the same composition as the 1st operation gestalt was prepared and also the pinhole 11 on a reticle 4 was made into plurality, the same effect as the 1st operation gestalt is acquired, and also the measuring device and the method of an image-formation property concerning the gestalt of operation of this invention can measure the distribution of the image-formation property of the optical system of two or more points of the field which can be exposed simply and with high precision.

[0057] Moreover, since a measurement element is movable to arbitrary positions with a horizontal displacement mechanism, each image formation property corresponding to two or more pinholes 11 can measure at once. Moreover, since an intensity-distribution measurement element 32 like a CCD element with which optical intensity can be expressed electrically was used for measurement of optical intensity distribution, the tuning by gain or level adjustment is easy, and can also adjust the time of optical on-the-strength measurement, and after the measurement, and the adjustment effort in measurement can be remarkably reduced compared with the case where a photosensitive material is used. therefore, high degree of accuracy -- an image formation property is measurable with quantitatively and sufficient repeatability

(Gestalt of implementation of the 3rd of invention) operating the stage 9 in which a wafer 8 is laid up and down with each above-mentioned operation gestalt -- the recreation chill 4 and a wafer 8 -- mutual -- image formation -- a relation -- although it was distance L made to shift from a position, such optical position staggering is possible also by carrying out vertical operation of the reticle 4 This operation gestalt explains the case where NA of a projection optical system and sigma are computed, by carrying out vertical operation of the reticle 4.

[0058] Drawing 6 is drawing which illustrates signs that the reticle position in the measuring device of the image formation property concerning the form of operation of the 3rd of this invention is moved up and down, it gives the same sign to the same portion as drawing 1 , drawing 2 , and drawing 4 , omits explanation, and describes only a portion different here.

[0059] This drawing forms a driving gear 41 and enables it to drive the base 42 which carries a reticle 4 up and down. NA of a projection optical system, and sigma -- calculation -- the [ the 1st or ] -- it is carried out by the same view as 2 operation forms

[0060] Drawing 7 is drawing illustrated about the method of it not being based on driving means but changing a reticle vertical position. In drawing 7 (a), the usual reticle 4 shows the position state. At this time, the pattern 5 of a reticle 4 has become the bottom 6, i.e., projection optical system, side.

[0061] It is the case where drawing 7 (b) made the reticle 4 as the \*\*\*\* repetition, and makes a pattern 5 a top 3, i.e., lighting optical system, side. the time of drawing 7 (a) -- the recreation chill 4 and a wafer 8 -- mutual -- image formation -- a relation -- if adjusted to the position -- such -- a reticle 4 -- \*\*\*\* Japanese common chestnut \*\*\*\* -- an

optical position can be shifted by the thickness by things

[0062] Drawing 7 (c) is the case where a spacer 43 is put in between a reticle 4 and a base 42. By using such a spacer 43, an optical position can be shifted by the thickness.

[0063] In addition, in this operation form, even if it makes the reticle 4 in which it has two or more pinholes 11 since a projection optical system 6 is both the tele cent rucksack go up and down, especially a problem is not produced in measurement of an image formation property.

[0064] As mentioned above, the measuring device and method of an image formation property concerning the form of operation of this invention Since the same composition as the 1st or 2nd operation form was prepared and also the optical position of a reticle 4 and a measuring point was shifted by changing the position of a reticle The same effect as the 1st or 2nd operation form is acquired, and also the optical position for measurement of an image formation property can be changed by different means from stage 9 operation of drawing 1 .

(Form of implementation of the 4th of invention) this operation form -- setting -- the 1- the aligner using the measuring device of an image formation property explained with the 3rd operation form is explained

[0065] That is, making the result of the image formation properties NA and sigma measured by means to change into an electrical signal the light shown in drawing 4 feed back, it performs optical property adjustment of an aligner simultaneously, and the aligner of this operation form calculates optimal NA and sigma from this measured NA and a sigma value.

[0066] The aligner of this operation form is constituted as a system by which the measuring device of the image formation property of the 2nd or 3rd operation form was prepared in the aligner main part containing the lighting optical system 3 and the projection optical system 6 which are shown in drawing 1 .

[0067] The drawing mechanism for attaining to an aligner main part lighting optical-system 3, or adjusting the image formation properties NA and sigma to it separately [ projection optical systems 6 or such optical system 3 and 6 ] is established.

[0068] Moreover, based on the image formation properties NA and sigma of the image formation property operation part 33 of drawing 4 , as for this drawing mechanism, the degree of drawing is controlled by \*\*\*\*\*. Moreover, it a drawing mechanism not only carries out enlarging or contracting of the drawing, but can perform now un-isotropic deformation (for example, deformation between circular - ellipse types).

[0069] Drawing 8 is drawing in which drawing shows enlarging or contracting and signs that it deforms, according to the drawing mechanism of the aligner in the form of operation of the 4th of this invention. Although it indicates that an ellipse form is circular as a deformation pattern of drawing in this drawing, a drawing mechanism can deform also into other configurations. Thus, XY difference in the field interior division cloth of NA and sigma can also be amended now by performing un-isotropic deformation.

[0070] moreover, the measurement result within a field of NA according [ \*\*\*\*\* ] to the image formation property operation part 33, and sigma -- being based -- a predetermined rule -- drawing -- enlarging or contracting -- or it deforms namely, every -- processing statistical about NA and sigma is performed, the whole measurement result within a field of NA and sigma is evaluated, enlarging or contracting of the above-mentioned drawing or deformation is given, and evaluation of new NA and sigma is performed

[0071] This is repeated and evaluation of new NA and sigma adjusts one by one towards the direction which becomes high. And evaluation work is ended in the place which became NA of a setting range, and a sigma value, or carried out execution evaluation of all the drawing adjustments of a predetermined pattern, or the place which repeated drawing enlarging or contracting or deformation, and evaluation of the number of times of predetermined.

[0072] \*\*\*\*\* is extracted to the drawing state used as best NA in finally having evaluated the image formation property, and a sigma value, and adjusts a mechanism. As mentioned above, the aligner concerning the form of operation of this invention, and its image formation property adjustment method Since the same composition as the 2nd or 3rd operation form was prepared, and also the drawing controller which extracts to an aligner main part and controls a mechanism and this drawing mechanism is prepared and it was made to perform drawing adjustment based on the measurement result within a field of NA by the image formation property operation part 33, and sigma The image formation property of an aligner can be adjusted so that it may become the value of automatic the optimal or request.

[0073] moreover, it can extract, even if it is the case where the measured image formation property is isotropic[ un-] alike, and is distributed in the image formation side, since drawing can be transformed into the shape of rectangles [ configuration / drawing ], and the method configuration of non-\*\*, and it can adjust so that it may be alike un-isotropic in an image formation side, a distribution may be corrected and it may become a uniform image formation property in a field by deformation of a configuration in addition, in the range which is not limited to the form of each

above-mentioned implementation, and does not deviate from the summary, many things are boiled and this invention can be deformed

[0074]

[Effect of the Invention] As a full account was given above, according to this invention, the measuring device and method of an image formation property which made it possible to measure the image formation property of a projection optical system simply and with high precision can be offered.

[0075] Moreover, according to this invention, the measuring device and method of an image formation property which made it possible to measure simply and highly precise still more efficiently the distribution of the image formation property of the projection optical system of two or more points of the field which can be exposed can be offered.

[0076] Furthermore, according to this invention, automatic the optimal or aligner which can be adjusted so that it may become desired value, and its image formation property adjustment method can be offered for an image formation property.

---

[Translation done.]

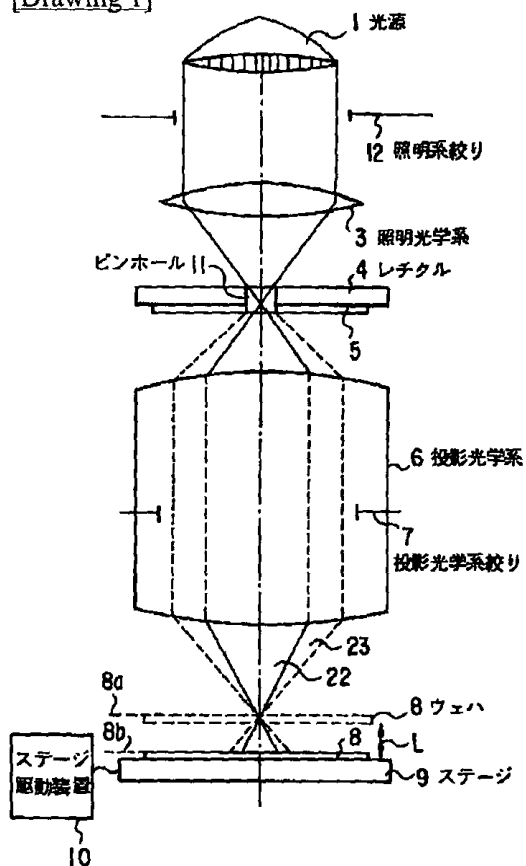
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

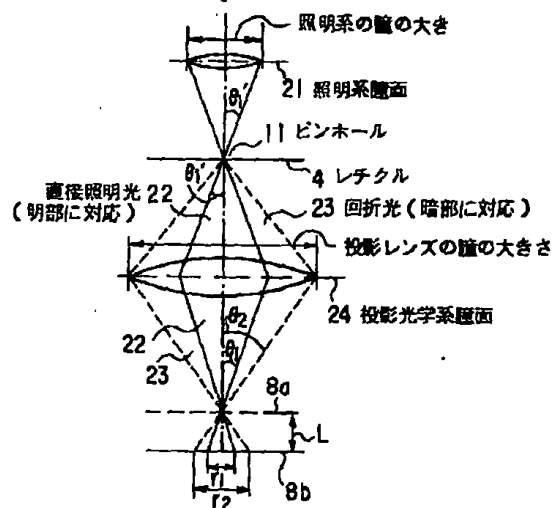
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

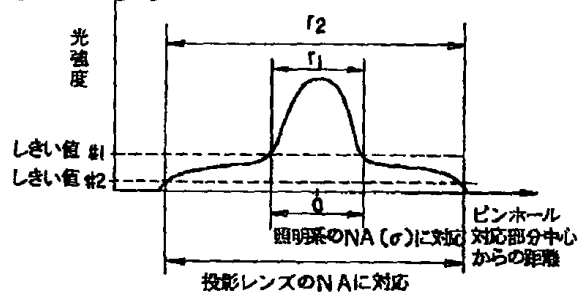
[Drawing 1]



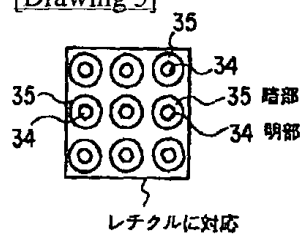
[Drawing 2]



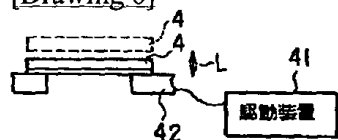
[Drawing 3]



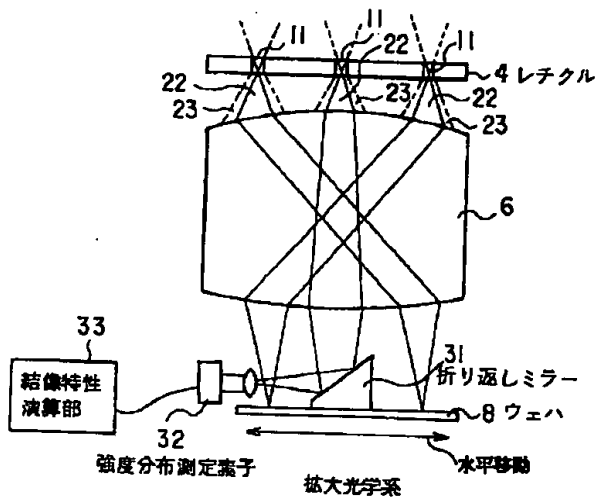
[Drawing 5]



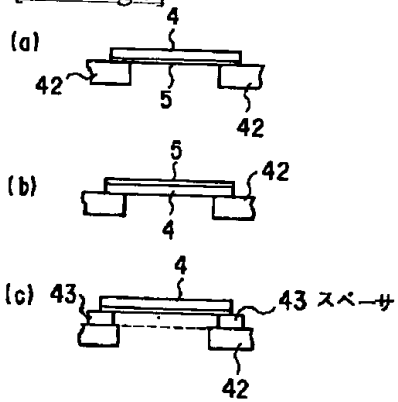
[Drawing 6]



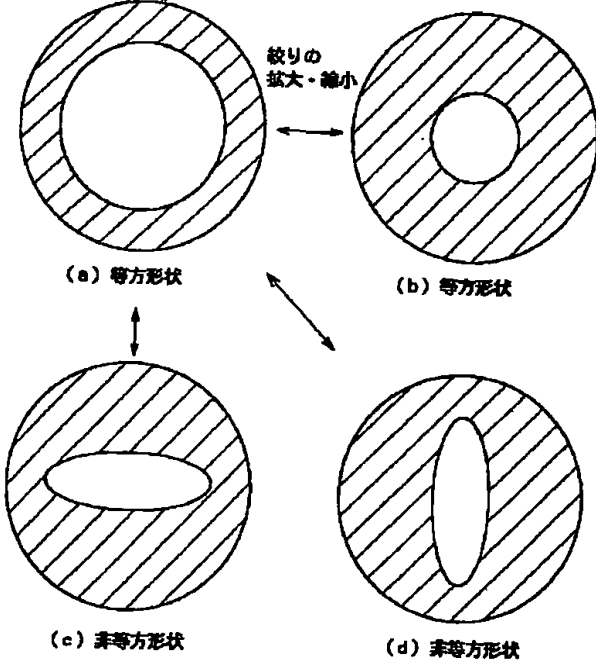
[Drawing 4]



[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Translation done.]